

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-221141

(43)Date of publication of application : 21.08.1998

(51)Int.Cl.

G01F 1/66

G01P 5/00

(21)Application number : 09-024662

(71)Applicant : AICHI TOKEI DENKI CO LTD

(22)Date of filing : 07.02.1997

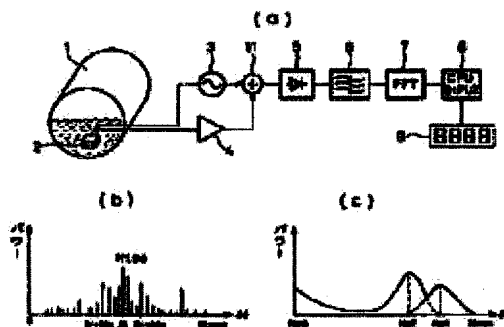
(72)Inventor : FUKUOKA HIROAKI
NAGATA YOSHIKI

(54) ULTRASONIC DOPPLER FLOW VELOCITY AND FLOW RATE METER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate a sudden failure of data due to disturbances of a flow velocity distribution of a water path or bubbles, eliminate a malfunction because of a surface wave and eliminate measurement errors due to dust and mud accumulated on a front face of a sensor.

SOLUTION: A transmission signal and a detection signal are mixed at a mixing part 11, which is detected at a wave detection circuit 5. A deflection frequency signal which is a difference signal of the signals is taken out at a filter part 6 and spectrally transformed at an FFT (fast Fourier transform) part 7. A transformed result is processed by a moving average method at an operating part 8. A comparison for detection of a peak is started from a maximum frequency value N_{max} . After a first peak N_{p1} is detected, the comparison is stopped when the power value $mean\ fft(N)$ becomes not larger than half a power value $mean\ fft(N_{p1})$ of the peak N_{p1} . The frequency of the first peak N_{p1} is converted to an average flow velocity, thereby operating a flow rate.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-221141

(43)公開日 平成10年(1998) 8月21日

(51)Int.Cl.⁹

G 0 1 F 1/66

G 0 1 P 5/00

識別記号

1 0 3

F I

G 0 1 F 1/66

G 0 1 P 5/00

1 0 3

C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平9-24662

(22)出願日

平成9年(1997)2月7日

(71)出願人 000116633

愛知時計電機株式会社

愛知県名古屋市熱田区千年1丁目2番70号

(72)発明者 福岡 裕晃

愛知県名古屋市熱田区千年一丁目2番70号

愛知時計電機株式会社内

(72)発明者 永田 能章

愛知県名古屋市熱田区千年一丁目2番70号

愛知時計電機株式会社内

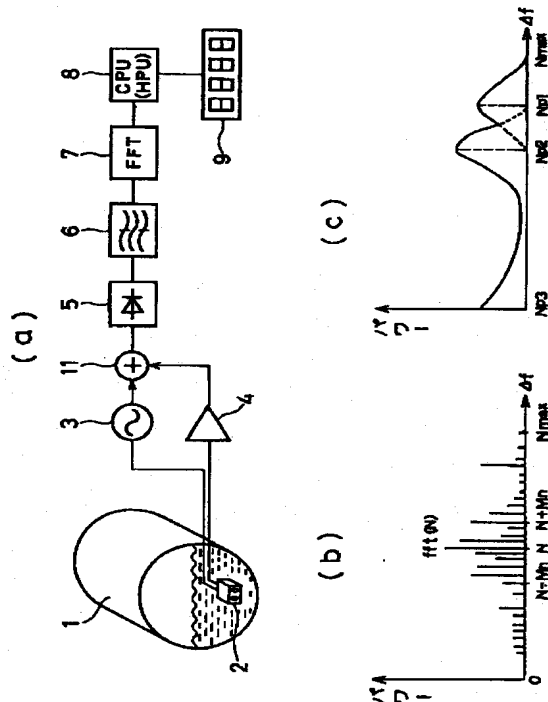
(74)代理人 弁理士 三宅 宏 (外1名)

(54)【発明の名称】 超音波ドップラー流速・流量計

(57)【要約】

【課題】 水路の流速分布の乱れや泡による突発的なデータによる誤動作をなくす。表面波による誤動作をなくす。センサの前面に堆積するごみや泥による計測誤差をなくす。

【解決手段】 送信信号と受信信号を混合部11で混合し、検波回路5で検波する。フィルタ部6で両信号の差信号としての変移周波数信号を取り出し、FFT部7でスペクトル変換する。変換結果を演算部8で移動平均する((b)図)。ピーク山の検出のための比較を周波数の最大値 N_{max} より始め、第1のピーク山 N_{p1} を検出した後、パワー値 $Mean \cdot fft(N)$ がピーク山 N_{p1} のパワー値 $Mean \cdot fft(N_{p1})$ に対する比率で $1/2$ 以下になると比較を中止する。第1のピーク山 N_{p1} の周波数を平均流速に換算し流量を演算する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 液体が流れる水路(1)と、該水路

(1)の底面、中央またはごみや泥を避けるために底面、中央より側面方向に寄ったところに設置された超音波の送信子と受信子とからなるセンサ(2)と、送信子に高周波を供給する駆動回路(3)と、受信信号の増幅部(4)と、受信信号と送信信号を検波する検波回路

(5)と、受信信号と送信信号の差信号としての偏移周波数信号を取り出すフィルタ部(6)と、偏移周波数信号をスペクトル変換するスペクトル変換部としてのFFT部(7)と、FFT部(7)で得たスペクトルから流速換算する演算部(8)と、必要に応じて設けられる測定結果の表示部(9)とを具備し、

FFT部(7)でフーリエ変換した結果を単純加算平均したスペクトルのパワー値を $f f t(N)$ とする周波数 $f n$ のある点 N の前後に幅 $M n$ をもって $N-M n$ から $N+M n$ の間で周波数のパワーの平均値 $M e a n \cdot f f t(N)$ を取り、その点 N の元来のパワー値 $f f t(N)$ に置き換える。 N を零と最大値 $N m a x$ との間で同様にして平均値に置き換えて移動平均すると共に、こうして移動平均したスペクトルのピーク山に基づいて流速・換算することを特徴とする超音波流速・流量計。

【請求項2】 ピーク山の検出のための比較を周波数の最大値 $N m a x$ より始め、第1のピーク山 $N p_1$ を検出した後、パワー値 $M e a n \cdot f f t(N)$ がピーク山 $N p_1$ のパワー値 $M e a n \cdot f f t(N p_1)$ に対する比率で一定値以下になったところで比較を中止し、第1のピーク山 $N p_1$ の周波数を流速に換算することを特徴とする請求項1記載の超音波ドップラー流速・流量計。

【請求項3】 前記一定値を $1/4 \sim 3/4$ の間に定めたことを特徴とする請求項2記載の超音波ドップラー流速・流量計。

【請求項4】 液体が流れる水路(1)と、該水路

(1)の底面、中央またはごみや泥を避けるために底面、中央より側面方向に寄ったところに設置された超音波の送信子と受信子とからなるセンサ(2)と、送信子に高周波を供給する駆動回路(3)と、受信信号の増幅部(4)と、受信信号と送信信号を検波する検波回路

(5)と、受信信号と送信信号の差信号としての変移周波数信号を取り出すフィルタ部(6)と、変移周波数信号をスペクトル変換するスペクトル変換部としてのFFT部(7)と、FFT部(7)で得たスペクトルから流速換算する演算部(8)と、必要に応じて設けられる測定結果の表示部(9)とを具備し、

FFT部(7)でフーリエ変換した結果を単純加算平均したスペクトルのパワー値を $f f t(N)$ とする周波数 $f n$ のある点 N の前後に幅 $M n$ をもって $N-M n$ から $N+M n$ の間で周波数のパワーの平均値 $M e a n \cdot f f t(N)$ を取り、その点 N の元来のパワー値 $f f t(N)$ に置き換える。 N を零と最大値 $N m a x$ との間で同様に

して平均値に置き換えて移動平均すると共に、こうして移動平均したスペクトルの分布曲線を微分または差分し、曲線が上に凸の変曲点のうち、 N が最大の $N p_1$ を流速スペクトルのピーク山と判断して、該ピーク山の周波数を流速に換算することを特徴とする超音波ドップラー流速・流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は超音波ドップラー効果を利用して流体の流速や流量を計測する流速・流量計に係わり、特に開水路に好適な超音波流速・流量計に関する。

【0002】

【従来の技術】超音波ドップラー方式の流体速度測定方法およびその装置として、特公平7-3350号の従来技術が公知である。以下これを第1の従来技術と言う。

【0003】このものは、信号発生器において発生された特定周波数の電気信号を発信用トランスデューサ(発信子)を介して流路内を流れる流体に発信し、流体中の物体から発射される反射波を受信用トランスデューサ

(受信子)で受信し、発信用トランスデューサから発信信号の周波数と受信信用トランスデューサで受信された受信信号の周波数との差信号(シフト信号)に基づいて前記流体の速度を測定するドップラーシフトを利用した流体速度測定法において、発信用トランスデューサおよび受信信用トランスデューサを互いに近接した状態で流路の底部に設けると共に、前記差信号を、一定の周波数幅をもった所定の周波数帯でスキャンすることにより各周波数帯の強度を求めた後、加重平均法を適用することにより前記流体の平均流速を求めると共に、前記特定周波数の電気信号を 90° 移相して得られる 90° 移相信号の周波数と前記受信信号の周波数との差信号を前記差信号と比較することにより前記流体の流れる方向を検出するようにしている。

【0004】また、この第1の従来技術では、上記流体速度測定装置を水位センサと組み合わせることにより、流体の流量を測定できることを示唆している。この第1の従来技術では、流量を求めるには水位センサを必要とし、構造が複雑になる。そこで本願出願人は、水位センサを要しない超音波ドップラー流量計を特願平8-39243号で提案した。以下これを第2の従来技術と言う。

【0005】この第2の従来技術の超音波ドップラー流量計は、開水路の底面中央部に流体の流れ方向に対して一定の仰角 θ で超音波信号を送信する送信素子と、該送信素子に隣接してほぼ同じ方向に向けて配設され、流体中の固体粒子又は気泡等からの超音波の反射信号を受信して電気信号に変換する受信素子と、送信素子に連続して高周波信号を供給する送信回路部と、前記送信素子の送信信号の周波数と受信素子の受信信号の周波数の差の

周波数をとるヘテロダイン検波部と、該ヘテロダイン検波部で得た差信号をデジタル信号に変換するADコンバーターと、その信号を周波数スペクトルに変換する高速フーリエ変換部（FFT部）と、該高速フーリエ変換部で得た周波数スペクトルのピーク山の周波数を求めるピーク山検出部と、該ピーク山検出部で求めたピーク山の周波数に基づいて流量を演算する流量演算部とを有する受信演算部とを備えたものである。

【0006】そして、この第2の従来技術では、受信信*

$$|\Delta f| = (V/C) \cdot 2f_0 \cos \theta \quad \dots (1)$$

であらわれ、流速Vに比例する。

【0008】周波数スペクトルのピーク山の周波数をピーク山検出部で求め、このピーク山の周波数を数式 ※

$$V = C \cdot \Delta f / (2f_0 \cos \theta) \quad \dots (2)$$

こうして求めた流速Vが、いわゆるマンニングの式で求めた流路の平均流速Vに良く対応していることから、開水路の断面形状寸法、水面勾配、壁面の粗度係数などが既知であれば、平均流速に関するマンニングの式から水位が一つに定まり、流量を求められる。こうして流量を求める演算は、流量演算部で行っている。

【0010】マンニング（Manning）の式は、開水★

$$V = (1/n) R^{2/3} / I^{1/2} \quad \dots (3)$$

V：平均流速（m/s）。

R：径深（m）、水流断面積A／潤辺長Pで定義される。ただし潤辺長は、水流に接している水路壁の長さを言う。

【0012】I：水面勾配。

n：マンニングの粗度係数。

なお、第2の従来技術では、周波数スペクトルのピーク山の検出は、周波数スペクトルの低周波域から最大周波数までの各点数におけるパワー値を1つずつ比較して、単に最大パワー値をもつ点の周波数をピーク山の周波数として求めていた。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】出願人は、第2の従来技術を提案した後、更に研究を進めた結果、次のような問題点を見出した。

【0014】流れによるドップラー変移周波数 Δf は、流路による流れの分布の乱れとか、泡やごみからの反射が離散的であることなどから、FFTで得られた結果を単純に加算平均するだけでは、突発的なパワー値を持つ周波数が発生して、図4に示すように周波数スペクトルの分布がなめらかな曲線ではない。そのためにドップラー変移周波数のピーク山を判定しにくく、流速や流量を測定するのに誤動作を生じるという問題点があった。

【0015】また、下水排水路のように多量のごみや泥が含まれている場合は、送信子、受信子などの超音波振動子の前面にごみや泥が堆積したり、高濃度のものが超音波振動子の近くをゆっくり移動するため、近くからの反射波は強く、遠くからの受信波は強度が相当に低下し

*号をヘテロダイン検波する際、混合する信号を送信信号より一定だけ高い周波数又は低い周波数でヘテロダイン検波を行い、高速フーリエ変換部で得た周波数スペクトルのピーク山を検出することによって、受信信号の周波数が送信信号の周波数より大きい小さいかにより流体の流れの方向を判別するようにしている。

【0007】送信信号の周波数を f_0 、仰角を θ 、流体の流速をV、流体中の音速をCとすると、ドップラーシフト Δf は、

※（1）を変形した下記数式（2）の Δf に代入して流速Vを求める。

【0009】

★路に対する平均流速を求める式として、中小河川や水路に対し、かなり良く一致するものとしてよく使用されている次の数式（3）として周知である（日刊工業新聞社、昭和54年発行、流量計測ハンドブック、407頁）。

【0011】

で受信される。従って、図5に点線で示すように、本来の全体の流体からの反射波によるピーク山 f_0 が、同図に実線で示すように、流速の低い信号P（ f_0 ）より小さな値 f_0' になり、ピーク山検出が低い方になってしまい、本来のピーク山 f_0 を正しく検出できなくて、流速や流量測定に誤動作を生じることがあるという問題点があった。

【0016】このことは、超音波振動子の前面に付着堆積したごみを除去すると直ちに誤動作がなくなって正常な動作に回復するという現象が確認されていることから明らかである。

【0017】また、前記第2の従来技術において、開水路又は非満管路では、ドップラー変移（ドップラーシフト）のパワースペクトルのピーク周波数（ピーク山の周波数）は、実測データでは最大流速の周波数より20～25%低い値、即ちほぼ平均流速に対応する値になっているが、水位が非常に低くなった場合には、流れによって生じる表面波によるドップラーシフトが発生し、これは、本来の平均流速を示すピーク山 f_0 よりも低速側に発生し、その周波数 f_w は零から平均流速のピーク山 f_0 の間で不定であり、パワーのピーク値も平均流速のピーク山 f_0 のピーク値（ピークパワー値）を越えることがある。

【0018】その為、表面波のパワースペクトルのピーク山 f_w を平均流速のピーク山 f_0 として検出してしまいうという誤動作をおこすことがあるという問題点もあった（図6参照）。

【0019】従来は、受信信号の周波数の変移（シフ

30

40

50

ト)をFFT変換して得られたスペクトルを低周波域から高周波域に向けて単純に検索し、最大パワー値をもつ周波数をもって流速に換算するものであったため、上述のように正確な流速を計測できないと言う問題点が発生していた。

【0020】そこで、本発明はかかる問題点を解消できる超音波ドップラー流速・流量計を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、請求項1の発明は、液体が流れる水路(1)と、該水路(1)の底面、中央またはごみや泥を避けるために底面、中央より側面方向に寄ったところに設置された超音波の送信子と受信子とからなるセンサ(2)と、送信子に高周波を供給する駆動回路(3)と、受信信号の増幅部(4)と、受信信号と送信信号を検波する検波回路(5)と、受信信号と送信信号の差信号としての偏移周波数信号を取り出すフィルタ部(6)と、偏移周波数信号をスペクトル変換するスペクトル変換部としてのFFT部(7)と、FFT部(7)で得たスペクトルから流速換算する演算部(8)と、必要に応じて設けられる測定結果の表示部(9)とを具備し、FFT部(7)でフーリエ変換した結果を単純加算平均したスペクトルのパワー値を $f f t(N)$ とする周波数 f_n のある点Nの前後に幅 M_n をもって $N-M_n$ から $N+M_n$ の間で周波数のパワーの平均値 $Mean \cdot f f t(N)$ を取り、その点Nの元来のパワー値 $f f t(N)$ に置き換える。

【0022】Nを零と最大値 N_{max} との間で同様にして平均値に置き換えて移動平均すると共に、こうして移動平均したスペクトルのピーク山に基づいて流速・換算することを特徴とする超音波流速・流量計である。

【0023】この発明では、Nの零から最大値 N_{max} までのパワー値を平均値 $Mean \cdot f f t(N)$ に置き換えること(移動平均)により、変移周波数の分布を滑らかにして突発的なパワー値をもつ周波数を除去し、スペクトルのピークを容易に検出できるようにしている(図1(b)参照)。

【0024】請求項2の発明は、請求項1の超音波ドップラー流速・流量計において、ピーク山の検出のための比較を周波数の最大値 N_{max} より始め、第1のピーク山 N_{p1} を検出した後、パワー値 $Mean \cdot f f t(N)$ がピーク山 N_{p1} のパワー値 $Mean \cdot f f t(N_{p1})$ に対する比率で一定値以下になったところで比較を中止し、第1のピーク山 N_{p1} の周波数を流速に換算することを特徴とするものである。

【0025】第2の従来技術では、スペクトルのパワーピーク値の検出は $N=0$ の低周波域より始めて N_{max} まで各点のパワー値を1つずつ比較し、単に最大パワー値をもつ点 N_p を探していたが、ごみ、泥、表面波によるスペクトルを誤って検出してしまっていた。

【0026】水路内では流水より早く動くものが無いため、この請求項2の発明では、ピークの検出動作を N_{max} から始めて周波数が小さくなる方向に行い、第1のピーク N_{p1} を検出したあと、パワー値 $Mean \cdot f f t(N)$ と $Mean \cdot f f t(N_{p1})$ の比率が一定値以下になったところで比較を中止し、このときのピーク山 N_{p1} を流速によるスペクトルのピーク山と判断してそのときの周波数 f_{m1} を流速に換算する(図1(c)参照)。

【0027】こうすることで、表面波スペクトルのピーク N_{p2} 、ごみや泥によるスペクトルのピーク N_{p3} 等を誤って検出しないようにした。なお、ピーク検出動作としての比較の中止を判定するための比率 $Mean \cdot f f t(N) / Mean \cdot f f t(N_{p1})$ は測定場所の条件に応じて値を変えても良い。

【0028】請求項3の発明は、請求項2の超音波ドップラー流速・流量計において、前記一定値を $1/4 \sim 3/4$ の間に定めたことを特徴とするものである。そして、請求項4の発明は、液体が流れる水路(1)と、該水路(1)の底面、中央またはごみや泥を避けるために底面、中央より側面方向に寄ったところに設置された超音波の送信子と受信子とからなるセンサ(2)と、送信子に高周波を供給する駆動回路(3)と、受信信号の増幅部(4)と、受信信号と送信信号を検波する検波回路(5)と、受信信号と送信信号の差信号としての変移周波数信号を取り出すフィルタ部(6)と、変移周波数信号をスペクトル変換するスペクトル変換部としてのFFT部(7)と、FFT部(7)で得たスペクトルから流速換算する演算部(8)と、必要に応じて設けられる測定結果の表示部(9)とを具備し、FFT部(7)でフーリエ変換した結果を単純加算平均したスペクトルのパワー値を $f f t(N)$ とする周波数 f_n のある点Nの前後に幅 M_n をもって $N-M_n$ から $N+M_n$ の間で周波数のパワーの平均値 $Mean \cdot f f t(N)$ を取り、その点Nの元来のパワー値 $f f t(N)$ に置き換える。

【0029】Nを零と最大値 N_{max} との間で同様にして平均値に置き換えて移動平均すると共に、こうして移動平均したスペクトルの分布曲線を微分または差分し、曲線が上に凸の変曲点のうち、Nが最大の N_{p1} を流速スペクトルのピーク山と判断して、該ピーク山の周波数を流速に換算することを特徴とするものである。

【0030】差分を N_{max} と $N_{max}-1$ より始めて、次々に $N=1$ と $N=0$ まで行くと図1(b)の実線の曲線から図2に示す微分曲線が得られる。すなわち、差分を N_{max} より行い、始めてプラスから零をクロスする点 N_{p1} を流速によるスペクトルのピーク山と判断してこのときの変移周波数 Δf_{m1} を流速に換算する。

【0031】こうすることで、表面波によるピーク山 N_{p2} とか、ごみ、泥による N_{p3} を誤って流速によるピーク山と認識することを避けるようにした。請求項1～

4の本願発明では、受信信号（ドップラー信号）の変移周波数の周波数スペクトルから検出したピーク山の周波数を数式（2）の Δf に代入して、第2の従来技術の場合と同様に流速 V を求める。つまり流速 V に換算する。

【0032】こうして求めた流速 V は平均流速に相当するので、これとマンニングの式などの平均流速公式から水位が定まり、流量を求める。なお、上記の説明は送信周波数と同じかまたは低い周波数でヘテロダイン検波を行った場合であり、高い周波数で行った場合は流速が大きくなれば偏移周波数は低くなり、ピーク周波数検出は低周波側から高周波側に向けて行うこととなり逆になる。

【0033】

【発明の実施の形態】次に本発明の好ましい実施の形態を図面の実施例に基づいて説明する。

【実施例1】図1(a)(b)(c)と図3に示す実施例1で、水路1を流れる液体中へセンサ2の超音波送信子から仰角 θ で超音波信号を送信する。センサ2には前記送信子に隣接してほぼ同じ方向を向けた受信子が配設され、液体中のごみや気泡などからの超音波の反射信号を受信して電気信号に変換する。駆動回路3は送信子に高周波を供給する。

【0034】受信子の電気信号（受信信号）は増幅部4で増幅され、混合部11へ供給されて、前記駆動回路3からの送信信号と混合された後、検波回路5で検波され、更にフィルタ部6で受信信号と送信信号の差信号としての変移周波数（ドップラーシフト周波数）信号を取り出す。

【0035】FFT部（高速フーリエ変換部）7は前記変移周波数信号を高速フーリエ変換してスペクトル変換する。この実施例ではフーリエ変換の結果出力されるデータのポイント数は1024であり、周波数範囲を5kHzとすると、周波数の分解能は4.88Hzとなる。

【0036】1) . スペクトルの移動平均

FFT部7で得たスペクトルのデータはMPUからなるCPUを備えた演算部8で流速換算されて、表示部9に測定結果が表示される。

【0037】1回のFFTのスペクトル値は1/25されて演算部9の第1レジスタ（図3参照、以後第2、第3レジスタについても図3参照）に0から順に N_{max} まで格納され、同様に次のFFT結果を1/25にして第1レジスタに加算し、これを25回まで行くと25回の単純加算平均となる。

【0038】更に、第1レジスタの N_x 点の前後にそれぞれ20ポイントの幅 M_n の間で平均を取り、第2レジスタの N_x 点に格納する。 $N=0$ から $N=N_{max}$ まで順に同じ様な方法で平均（移動平均）をして行く。但し、 $N-M_n < 0$ の場合は $0 \sim N+M_n$ の間で、 $N+M_n > N_{max}$ の場合は $N-M_n \sim N_{max}$ の間で平均（移動平均）を行う（図1(b)参照）。

【0039】なお、上記具体的にあげられた値、FFT

のデータ数、その加算平均回数、移動平均の個数の組み合わせは、実際の測定場所の条件に応じて決められるものである。

【0040】2) . ピーク検出

次に演算部9で行うスペクトルのピーク検出（ピーク山の検出）は、ごみ、泥、表面波によるスペクトルピークが流速に基づく流速スペクトルピークよりも低周波域に発生するため、高周波域から行う。

【0041】そのピーク検出方法は、図3の第2レジスタの N_{max} と $N_{max}-1$ の比較から始め、その大きい方の N_0 と $Mean \cdot fft(N_0)$ を第3レジスタに格納し、順に $N=0$ に向かって第3レジスタの $Mean \cdot fft(N_0)$ と $Mean \cdot fft(N_x)$ を比較し、パワー値の大きい方を第3レジスタに書き替えて行く。

【0042】このようにして得られた最初の大きなパワー値 $Mean \cdot fft(N_{p1})$ がそれ以後の N_x との比較を行う中で $Mean \cdot fft(N_x)$ が例えば2倍されても $Mean \cdot fft(N_{p1})$ よりも小さくなったとき、即ち、

$$Mean \cdot fft(N_x) < (1/2) Mean \cdot fft(N_{p1})$$

となったとき、 $Mean \cdot fft(N_{p1})$ をスペクトルの最高周波数側にある極大値と見做し、点 N_{p1} における変移周波数 Δf_{m1} を流速スペクトルのピーク周波数とする（図1(c)参照）。

【0043】そして、 Δf_{m1} を流速に換算し、流量を演算する。なお、上記ピーク検出を中止するときの比率 $Mean \cdot fft(N_x) / Mean \cdot fft(N_{p1})$

の値は、実際の測定場所の条件に応じて1/4～3/4の間で変化させる。

【0044】【実施例2】差分を N_{max} と $N_{max}-1$ から始めて、次々に $N=1$ と $N=0$ まで行くと図1(b)の実線の曲線から図2に示す微分曲線が得られる。

【0045】そこで、差分を N_{max} から行い、始めてプラスから零をクロスする点 N_{p1} を流速スペクトルのピークと見做して、このときの変移周波数 Δf_{m1} を流速スペクトルのピーク周波数とする。

【0046】そして Δf_{m1} を流速に換算し、流量を演算する。こうすることで、表面波によるピーク山 N_{p2} とか、ごみ、泥による N_{p3} を誤って流速によるピーク山と認識することを避ける。

【0047】

【発明の効果】本発明は上述のように構成されているので、FFTによって得られたスペクトルを移動平均して滑らかな周波数分布曲線にすることで、水路の流速分布の乱れや泡によって生じる突発的なパワー値をもつ周波数のデータを除去して、正確な平均流速を求めることが

【0048】また、FFT結果を単純に加算平均する場合に比較して、移動平均を行うことで短時間に周波数分布曲線を滑らかにでき、計測時間を減らすことができる。更に、請求項2～4の発明では、水路の表面波によるスペクトルピークを検出しないようにして、表面波による誤動作を防止し、平均流速を正確に求められ、計測精度が向上する。そのうえ、センサの前面に下水路では避けて通ることのできないごみや泥が堆積しても、短期間のうちに計測が中断する虞れがなく、長期間安定に測定ができ、その面からも流速・流量計の信頼性が向上する。

【図１】本発明の実施例で、（a）はブロック図、（b）はFFTデータのパワー値を示す図、（c）は流速スペクトルのピークを検出する方法を説明するための周波数分布曲線である。

*

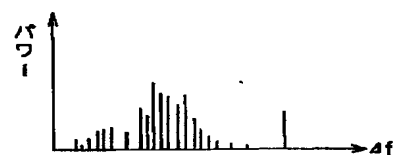
【図 4】従来技術の F F T 結果のパワー値を示す図である。

【図5】超音波振動子の前面に付着したごみや泥による周波数分布曲線の変化を説明する線図である。

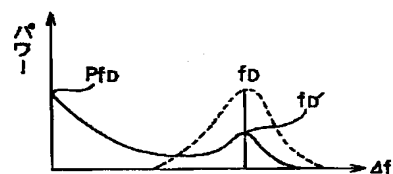
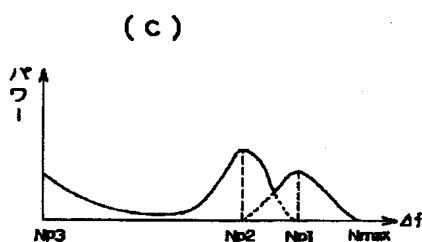
【図6】流れによって生じる表面波によるパワースペクトルのピーク山を説明する線図である。

- 1 水路
- 2 センサ
- 3 駆動回路
- 4 増幅部
- 5 検波回路
- 6 フィルタ部
- 7 F F T 部
- 8 演算部
- 9 表示部

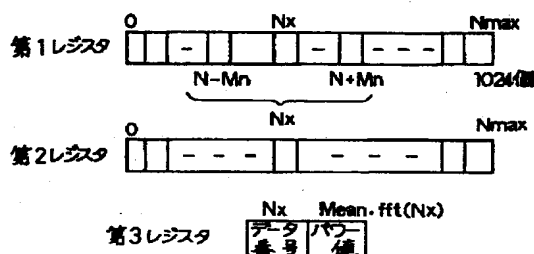
【图 4】



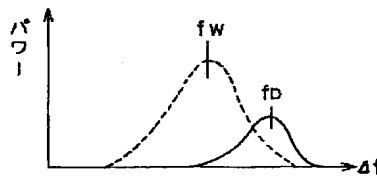
【図 5】



【図3】



【図6】



【手続補正書】

【提出日】平成10年3月3日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 液体が流れる水路（1）と、該水路

（1）の底面、中央またはごみや泥を避けるために底面、中央より側面方向に寄ったところに設置された超音波の送信子と受信子とからなるセンサ（2）と、送信子に高周波を供給する駆動回路（3）と、受信信号の増幅部（4）と、受信信号と送信信号を検波する検波回路

（5）と、受信信号と送信信号の差信号としての偏移周波数信号を取り出すフィルタ部（6）と、偏移周波数信号をスペクトル変換するスペクトル変換部としてのFFT部（7）と、FFT部（7）で得たスペクトルから流速換算する演算部（8）と、必要に応じて設けられる測定結果の表示部（9）とを具備し、FFT部（7）でフ

ーリエ変換した結果を単純加算平均したスペクトルのパワー値を $f f t(N)$ とする周波数 $f n$ のある点 N の前後に幅 $M n$ をもって $N-M n$ から $N+M n$ の間で周波数のパワーの平均値 $M e a n \cdot f f t(N)$ を取り、その点 N の元来のパワー値 $f f t(N)$ に置き換える。 N を零と最大値 $N m a x$ との間で同様にして平均値に置き換えて移動平均すると共に、こうして移動平均したスペクトルのピーク山に基づいて流速換算することを特徴とする超音波流速・流量計。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】 N を零と最大値 $N m a x$ との間で同様にして平均値に置き換えて移動平均すると共に、こうして移動平均したスペクトルのピーク山に基づいて流速換算することを特徴とする超音波流速・流量計である。